

10.629.605

16.24.2003

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
8. August 2002 (08.08.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/061339 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: F23R 3/28,
3/34, 3/14, F23D 17/00

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): ALSTOM (SWITZERLAND) LTD [CH/CH];
Brown Boveri Strasse 7, CH-5401 Baden (CH).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/IB02/00384

(72) Erfinder; und

(22) Internationales Anmeldedatum:
1. Februar 2002 (01.02.2002)

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KNÖPFEL, Hans, Pe-
ter [CH/CH]; Erlenweg 12, CH-5605 Dottikon (CH).

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,
MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU,

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

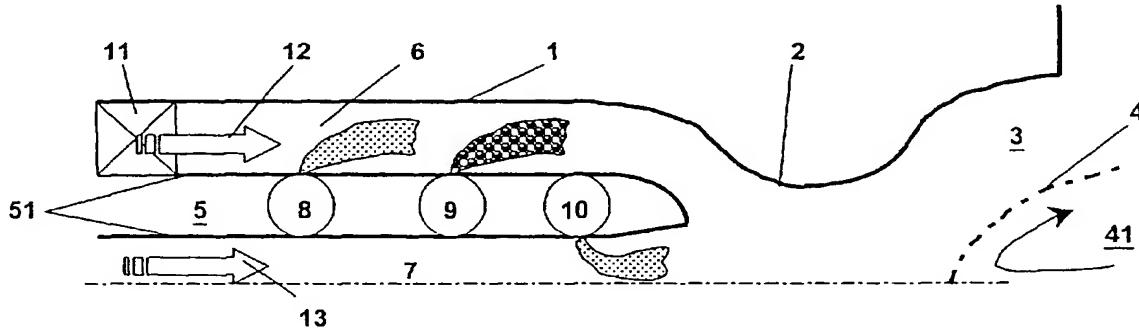
(30) Angaben zur Priorität:

101 04 695.2 2. Februar 2001 (02.02.2001) DE

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: PREMIX BURNER AND METHOD FOR OPERATING SUCH A PREMIX BURNER

(54) Bezeichnung: VORMISCHBRENNER SOWIE VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES DERARTIGEN VORMISCHBRENNERS



(57) Abstract: A premix burner is disclosed, in which air and fuel may be mixed to give a fuel/air mixture, for the formation of at least one stable flame front, within a combustion chamber arranged downstream, for driving a gas turbine arranged after the combustion chamber, comprising a premix burner housing, which is embodied in the form of an open tube, connected downstream to the combustion chamber, by means of a transition contour and through which air can flow, a burner lance embodied as an inner tube, extending on the upstream side into the interior of the premix burner housing, enclosing an annular cross-section flow channel with the premix burner housing and comprising an inner tube wall which surrounds an inner flow channel, in which at least one fuel supply unit for the supply of fuel into the inner flow channel is provided and at least one other fuel supply unit for the supply of fuel to the annular flow channel is provided such that, downstream of the inner tube, in the region of the combustion chamber, the fuel/air mix is ignited within the flame front.

A1

WO 02/061339

(57) Zusammenfassung: Beschrieben wird ein Vormischbrenner, in dem Brennstoff und Luft zu einem Brennstoff/Luft-Gemisch mischbar sind, zur Ausbildung wenigstens einer stabilen Flammenfront innerhalb einer stromab angeordneten Brennkammer zum Antrieb einer der Brennkammer nachgeordneten Gasturbine mit einem Vormischbrennergehäuse, das tubusartig stromauf offen ausgebildet und über eine Übergangskontur stromab mit der Brennkammer verbunden ist und von Luft durchströmbar ist, einer als Innentubus ausgebildeten Brennerlanze, die stromaufseitig in das Innere des Vormischbrennergehäuses hineinragt, einer mit dem Vormischbrennergehäuse im Querschnitt ringförmigen Strömungskanal einschließt, und eine Innentubuswand aufweist, die einen inneren Strömungskanal umschließt und in der wenigstens eine Brennstoffzugabeeinheit zum Einspeisen von Brennstoff in den inneren Strömungskanal vorgesehen ist und wenigstens eine weitere Brennstoffzugabeeinheit zum Einspeisen von Brennstoff in den ringförmigen Strömungskanal derart vorgesehen ist, dass stromab des Innentubus im Bereich der Brennkammer das Brennstoff-/Luft-Gemisch innerhalb der Flammenfront zündet.



SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Vormischbrenner sowie Verfahren zum Betrieb eines derartigen Vormischbrenners

Technisches Gebiet

Die Erfindung bezieht sich auf einen Vormischbrenner, zur Erzeugung eines homogen verteilten Brennstoff-Luft-Gemisches zur Befeuerung einer Brennkammer für den Antrieb einer der Brennkammer nachgeschalteten Gasturbine.

Stand der Technik

Bei der Verbrennung flüssigen oder gasförmigen Brennstoffes in einer Brennkammer einer Gasturbine hat sich die sogenannte Vormischverbrennung etabliert. Hierbei werden Brennstoff und Verbrennungsluft möglichst gleichmäßig vorgemischt und anschliessend in die Brennkammer geleitet und zur Zündung gebracht. Um ökologischen Gesichtspunkten gerecht zu werden, achtet man auf eine niedrige Flammentemperatur mittels einem grossen Luftüberschuss. Auf diese Weise kann die Stickoxidbildung klein gehalten werden.

Ein typischer Vormischbrenner ist beispielsweise aus der EP-387 532 A1 bekannt. Bei derartigen Vormischbrennern handelt es sich um sogenannte Doppelkegelbrenner, die im wesentlichen aus zwei hohlen, kegelförmigen Teilkörpern bestehen, die in Strömungsrichtung ineinandergeschachtelt sind. Dabei sind die jeweiligen Mittelachsen der beiden Teilkörper gegeneinander versetzt. Die benachbarten Wandungen der beiden Teilkörper bilden in deren Längserstreckung tangentiale Schlitze für die Verbrennungsluft, die auf diese Weise in das Brennerinnere gelangt. Dort ist eine Brennstoffdüse für flüssigen Brennstoff angeordnet. Der Brennstoff wird in einem spitzen Winkel in die Hohlkegel eingedüst. Das entstehende kegelige Flüssigbrennstoffprofil wird von der tangential

einströmenden Verbrennungsluft umschlossen. In axialer Richtung wird die Konzentration des Brennstoffes fortlaufend infolge der Vermischung mit der Verbrennungsluft abgebaut.

Der Vormischbrenner kann ebenfalls mit gasförmigem Brennstoff betrieben werden. Hierzu sind im Bereich der tangentialen Schlitze in den Wandungen der beiden Teilkörper in Längsrichtung verteilte Gaseinströmöffnungen, die sogenannten Premixbelochung, vorgesehen. Im Gasbetrieb beginnt die Gemischbildung mit der Verbrennungsluft somit bereits in der Zone der Eintrittsschlitz. Es versteht sich, dass auf diese Weise auch ein Mischbetrieb mit beiden Brennstoffarten möglich ist. Am Brenneraustritt stellt sich eine möglichst homogene Brennstoffkonzentration über dem beaufschlagten kreisringförmigen Querschnitt ein. Es entsteht am Brenneraustritt eine definierte kalottenförmige Rückströmzone, an deren Spitze, der sogenannten Flammenfront die Zündung erfolgt.

Nun ist aus verschiedenen Druckschriften, beispielsweise Combust. Sci. and Tech. 1992, Vol. 87, Seiten 329 bis 362 bekannt, dass bei einer perfekt vorgemischten Flamme die Größe der Rückströmzone, die gleichbedeutend ist mit dem sogenannten Flammenstabilisationsgebiet, keinen Einfluss auf die Stickoxydemissionen hat. Andererseits jedoch werden die Kohlenoxydemissionen sowie die Emissionen hinsichtlich ungesättigter Kohlenwasserstoffe (UHC) und im speziellen die Löschgrenzen der jeweiligen Vormischbrenner durch die Größe der Rückströmzone stark beeinflusst. Dies bedeutet, dass je grösser die Rückströmzone ausgebildet ist, um so mehr fallen die Kohlenoxydemissionen, die Emissionen hinsichtlich ungesättigter Kohlenwasserstoffe sowie die Löschgrenze. Dies hat auch zur Folge, dass mit einer grösseren Rückströmzone ein grösserer Lastbereich des Vormischbrenners abgedeckt werden kann, ohne dass dabei die Flamme gelöscht wird. Neben der Größe der Rückströmzone, die wie vorstehend erläutert, entscheidenden Einfluss auf die Betriebsweise der einzelnen Vormischbrenner hat, spielt auch die Brennstoffverteilung, d.h. das Mischungsprofil des Brennstoff-/Luft-Gemisches im Bereich der Flammenstabilisation eine grosse Rolle.

Wird der vorstehend beschriebene Vormischbrenner einheitlich längs der Premixbelochung mit Premixgas versorgt, d.h. im Rahmen eines einstufigen Premixbetriebes, so ergeben sich Stabilitätsprobleme innerhalb der sich ausbildenden Rückströmzone und der damit verbundenen Flammenfront, sofern der Brennstoffmassenstrom abnimmt, beispielsweise wenn die Gasturbine im unteren Lastbereich betrieben wird. Durch den geringeren Brennstoffmassenstrom nimmt zugleich auch die Eindringtiefe der Premixgaszufuhr entlang der Premixeindüsung ab und magert die Kernzone der sich kalottenförmig ausbildenden Flammenfront innerhalb des Brenners aus. Durch die dabei auftretenden Instabilitäten kann die Flamme gelöscht werden. Um bei diesen Betriebsbedingungen eine verbesserte Flammenstabilisation zu erreichen, wird der Vormischbrenner auf den sogenannten Pilotbetrieb umgeschaltet, bei dem gasförmiger Brennstoff nahe der zentralen Brennstoffdüse längs des Vormischbrenners eingedüst wird. Eine derartige Pilotierung führt jedoch zur Ausbildung einer Diffusionsflamme, wodurch sehr hohe Abgaswerte, insbesondere sehr hohe NO_x-Emissionen erreicht werden. Betreibt man den Vormischbrenner in dem sogenannten Mischbetrieb, der sich dadurch auszeichnet, dass Brennstoff sowohl durch die Premixstufe als auch durch die Pilotstufe eingedüst wird, treten neben den vorstehend genannten erhöhten Abgaswerten vermehrt Brennkammerpulsationen auf, die die Gefahr des Flammenrückslages in den Vormischbrennerbereich erhöhen.

Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Vormischbrenner dahingehend zu verbessern, dass die vorstehend zum Stand der Technik genannten Nachteile nicht mehr auftreten bzw. nur in einem erheblich reduzierten Maße in Erscheinung treten. Insbesondere gilt es, einen Vormischbrenner derart zu konzipieren, so dass sich der Betriebsbereich des Brenners sowohl unter niedrigen Lastbedingungen durch hohe Stabilität auszeichnet, d.h. ein Rückschlagen der Rückströmzone in den Bereich des Vormischbrenners soll nahezu vollständig ausgeschlossen werden. Insbesondere gilt es den Vormischbrenner derart zu gestalten, dass trotz hohen Stabilitätsanforderungen und niedrigen Abgasemissionen eine leichte und kostengünstige Anpassung des Vormischbrenners an

unterschiedliche Brennerbedingungen möglich ist. So soll insbesondere gewährleistet sein, dass der Vormischbrenner in konstruktiv einfacher Weise und möglichst kostengünstig an individuelle Brennerbedingungen angepasst werden kann.

Die Lösung der der Erfindung zugrundeliegenden Aufgabe ist im Anspruch 1 angegeben. Gegenstand der Ansprüche 18 und 19 sind Verfahren zum Betrieb des erfindungsgemäß ausgebildeten Vormischbrenners. Den Erfindungsgedanken vorteilhaft weiterbildende Merkmale sind Gegenstand der Unteransprüche und insbesondere der Beschreibung unter Bezugnahme auf die Ausführungsbeispiele gemäß Figuren zu entnehmen.

In Abkehr zu dem vorstehend beschriebenen Konzept des Doppelkegel-Vormischbrenners, der konstruktionsbedingt über einen festgelegten Aufbau verfügt und an bestimmte Betriebsbedingungen optimal angepasst ist, zeichnet sich der erfindungsgemäß aufgebaute Vormischbrenner grundsätzlich durch zwei Komponenten aus, die modularartig zusammenfügbar sind.

Zum einen weist der Vormischbrenner ein Vormischbrennergehäuse auf, das tubusartig ausgebildet ist, d.h. grundsätzlich die Form einer Röhre oder eines zweiseitig offen ausgebildeten Kelches annimmt und stromab über eine Übergangskontur mit der Brennkammer, der eine Gasturbine nachgeordnet ist, verbunden ist. Das Vormischbrennergehäuse ist stromauf offen ausgebildet, so dass das Gehäuse von Luft durchströmt werden kann.

Als zweite Komponente ist eine als Innentubus ausgebildete Brennerlanze vorgesehen, die durch die stromauf seitige Öffnung des Vormischbrennergehäuses in das Innere des Vormischbrennergehäuses hineinragt. Die Brennerlanze ist derart ausgebildet, dass sie zusammen mit dem Vormischbrennergehäuse einen im Querschnitt ringförmigen Strömungskanal einschließt. Zudem weist die Brennerlanze eine Innentubuswand auf, die einen inneren Strömungskanal umschließt. Der

ringförmige Strömungskanal erstreckt sich längs der gesamten Eindringtiefe der Brennerlanze innerhalb des Vormischbrennergehäuses und vereinigt sich stromab der Brennerlanze zusammen mit dem inneren Strömungskanal zu einem einheitlichen Strömungskanalabschnitt, der lediglich durch die Übergangskontur zwischen dem Vormischbrennergehäuse und der Brennkammer begrenzt ist. Vorzugsweise ist die Übergangskontur in Art einer Venturidüse ausgebildet, so dass eine sich innerhalb dieses Strömungsabschnittes befindliche Massenströmung einer Strömungsgeschwindigkeitserhöhung unterliegt.

Ferner ist in der Innentubuswand der Brennerlanze wenigstens eine Brennstoffzugabeeinheit zum Einspeisen von Brennstoff in den inneren Strömungskanal vorgesehen. Zusätzlich weist die Innentubuswand wenigstens eine weitere Brennstoffzugabeeinheit zum Einspeisen von Brennstoff in den ringförmigen Strömungskanal auf.

Die Brennstoffzugabeeinheiten können je nach Anwendungsfall mit flüssigem oder gasförmigem Brennstoff versorgt werden. Zur Ausbildung einer sich innerhalb der Brennkammer stabil ausbildenden Flammenfront ist vorzugsweise an der Aussenseite der Innentubuswand der Brennerlanze ein Drallerzeuger angebracht, der Zuluft, die in den ringförmigen Strömungskanal hineinströmt, mit einer bestimmten Drallzahl beaufschlagt. Die durch den Drallerzeuger in den ringförmigen Strömungskanal eintretende Zuluft wird einerseits in einer durch den Drallerzeuger vorgegebenen Strömungsrichtung verwirbelt und andererseits längs des ringförmigen Strömungskanals mit flüssigem und/oder gasförmigem Brennstoff vermischt. Das sich innerhalb des ringförmigen Strömungskanals ausbildende Brennstoff-/Luft-Gemisch vereint sich beim Durchströmen durch die Übergangskontur zu einer im Querschnitt einheitlichen Strömung, die eine homogene Brennstoff-/Luft-Verteilung aufweist und zur Zündung in die Brennkammer gelangt, in der sie durch Aufplatzen der Drallströmung eine stabile Flammenfront bildet.

Je nach Leistungsauslegung der Gasturbine kann die Anzahl der innerhalb der Innentubuswand vorgesehenen Brennstoffzugabeeinheiten beliebig variabel gewählt

werden. Typischerweise ist in der Innentubuswand eine Brennstoffzugabeeinheit vorgesehen, durch die gasförmiger Brennstoff in den ringförmigen Strömungskanal eingespeist wird. Axial in Strömungsrichtung dieser Brennstoffzugabeeinheit nachgeordnet ist eine zweite Brennstoffzugabeeinheit vorgesehen, durch die Flüssigbrennstoff in den ringförmigen Strömungskanal eingeleitet wird. Selbstverständlich ist es möglich, mehrere axial nacheinander angeordnete Brennstoffzugabeeinheiten, durch die entweder flüssig- oder gasförmiger Brennstoff in den ringförmigen Kanal eingespeist werden, vorzusehen.

Zur Verbesserung der Stabilität der sich ausbildenden Flammenfront innerhalb der Brennkammer sowie auch zur Vergrößerung der Betriebsbereiche der die Gasturbine befeuernden Brennkammer ist innerhalb des Innentubus wenigstens eine Brennstoffzugabeeinheit vorgesehen, durch die vorzugsweise gasförmiger Brennstoff in den inneren Strömungskanal eingespeist wird, der von der Innentubuswand umgeben wird. Je nach Positionierung einer diesbezüglichen Gaszufuhr in den inneren Strömungskanal längs der Brennerlanze ist es möglich, die Gaseinspeisung als Pilotgaszufuhr oder als pilotierte Premixgaszufuhr einzusetzen.

Soll eine längs der Innenseite innerhalb der Innentubuswand vorgesehene Gaszufuhr als Pilotgaszufuhr dienen, so ist eine diesbezügliche Brennstoffzugabeeinheit nahe dem stromabwärtigen Ende der Brennerlanze anzuordnen, so dass die Gaszufuhr axial nahe der sich innerhalb der Brennkammer ausbildenden Flammenfront erfolgt. Mit einer derartigen Gaszufuhr bildet sich eine Diffusionsflamme aus, die insbesondere bei mageren Betriebsarten, d.h. im Teillastbetrieb, die Flammenfront zu stabilisieren vermag.

Wird hingegen die Gaszufuhr in den inneren Strömungskanal längs zur Erstreckung der Brennerlanze beabstandet vom stromabwärtigen Ende der Brennerlanze vorgenommen, so erfolgt eine Durchmischung des eingespeisten Pilotgases mit der durch den inneren Strömungskanal zugeführten Zuluft, so dass sich das Pilotgas-Luftgemisch noch vor Entzündung im Bereich der Flammenfront mit dem übrigen, aus dem ringförmigen Strömungskanal herrührenden Brennstoff-/Luft-Gemisch zu

durchmischen vermag. Eine derartige gasförmige Brennstoffzufuhr in den inneren Strömungskanal kann als Premix-Pilotgaszufuhr angesehen werden und trägt zur Leistungssteigerung insbesondere bei hohen Lastbedingungen bei.

Mit Hilfe des erfindungsgemäß ausgebildeten Vormischbrenners ist es zum einen möglich, Vormischbrennerkonfigurationen unterschiedlicher Ausprägung lediglich durch Bestücken individuell angepasster Brennerlanzen modularisch zusammenzustellen. Dies trägt einerseits zur kostengünstigen Herstellung derartiger Vormischbrennersysteme bei, andererseits kann ein und dasgleiche Vormischbrennergehäuse mit unterschiedlichen Brennerlanzenmodule bestückt werden, sollten sich die Betriebswünsche durch den Kunden im Laufe der Zeit ändern.

Der modularartige Zusammenbau des erfindungsgemäß ausgebildeten Vormischbrenners wird dadurch möglich, indem alle für das Betriebsverhalten des Vormischbrenners konstruktiv wichtigen Komponenten in und an der tubusartigen Brennerlanze angebracht sind, wie beispielsweise ein oder mehrere Drallerzeuger sowie auch geeignet positionierte Brennstoffzugabeeinheiten. Durch diese Maßnahme kann ein standardisiertes Vormischbrennergehäuse verwendet werden, das mit unterschiedlich konfigurierten Brennerlanzen bestückt werden kann.

Ferner ist es möglich, eine Vielzahl axial längs der Brennerlanze angeordnete Brennstoffzugabeeinheiten vorzusehen, die einzeln mit Brennstoffzuführleitungen verbunden sind. Auf diese Weise ist es möglich, ein Umschalten zwischen der vorstehend beschriebenen Pilotgaszuführung und der Premixpilotgaszufuhr zu gewährleisten, ohne dass unterschiedlich konfigurierte Brennerlanzen in das Vormischbrennergehäuse implementiert werden müssen.

Wird die als Innentubus ausgebildete Brennerlanze längs ihrer axialen Erstreckung weitgehend geradlinig ausgebildet, so dass der innere Strömungskanal einen nahezu konstanten Strömungsquerschnitt längs seiner Erstreckung aufweist, so bildet sich mit der vorstehend beschriebenen Vormischbrennervariante eine innerhalb der

Brennkammer stabile Flammenfront aus. Eine derartige Brennerkonfiguration führt demzufolge zu einer einstufigen Verbrennung.

Wird jedoch die Innentubuswand im Bereich des stromabwärtigen Endes der Brennerlanze derart trichterförmig ausgebildet, so dass sich der innere Strömungskanal vor dem Ende der Brennerlanze in Strömungsrichtung divergent aufweitet und ist zudem ein Drallerzeuger für die in dem inneren Strömungskanal eintretende Luft am stromaufwärtigen Ende der Brennerlanze vorgesehen, so kann sich bei geeigneter Brennstoffeinspeisung in den inneren Strömungskanal eine noch innerhalb des inneren Strömungskanals auftretende zweite Flammenfront ausbilden, die axial der vorbeschriebenen Flammenfront innerhalb der Brennkammer vorgelagert ist. Eine derartige zweistufige Verbrennung ist mit dem Vorteil verbunden, dass die bei der axial vorgelagerten Verbrennung entstehenden Rauchgase der axial stromab nachfolgenden Verbrennung zugeführt werden, wodurch entscheidend die durch die Verbrennung entstehenden Stickoxyde reduziert werden können.

Entscheidend für die Ausbildung einer zweistufigen Verbrennung ist die Ausbildung des stromabwärtigen Endbereiches der Brennerlanze als Diffusor durch den die im inneren Strömungskanal eingebrachte Drallströmung noch innerhalb des Bereiches der Brennerlanze aufplatzt und eine stabile Flammenfront bildet. Eine entsprechende gasförmige Brennstoffzugabeeinheit ist innerhalb der Tubuswand zwischen dem Drallerzeuger und dem Diffusorbereich der Brennerlanze zu positionieren.

Durch den erfindungsgemäßen modularen Vormischbrenneraufbau ist eine große Variabilität für die Ausbildung eines Vormischbrenners möglich, der von einem einstufigen System mit Pilotgaszufuhr oder vorgemischem Pilot bis zu einem zweistufigen Brennersystem mit zwei klar voneinander axial getrennten Flammenpositionen führt. Eine derartig große Varianz wird lediglich durch den Austausch der inneren Brennerlanze möglich.

Auch ergibt sich durch den erfindungsgemäßen Aufbau des Vormischbrenners eine Vielfalt unterschiedlicher Möglichkeiten in welcher Form Brennstoff, gleich ob es sich um gasförmigen wie auch Flüssigbrennstoff handelt, der Verbrennungszuluft beigemischt werden kann. Wie vorstehend erläutert, lässt sich problemlos eine axiale Stufung der Brennstoffeindüsung realisieren, um beispielsweise den Zeitverzug zwischen Brennstoffeindüsung und Flammenposition optimal aufeinander abzustimmen.

Mit dem erfindungsgemäßen Vormischbrennerkonzept sind folgende Vorteile gegenüber bestehenden Brennerkonzepten verbunden:

1. stabilere Flammenposition,
2. tiefere Emissionen (CO, UHC, NO_x),
3. geringe Pulsation durch klar definierte Flammenposition,
4. vollständiger Ausbrand,
5. großer Betriebsbereich,
6. modularer Aufbau,
7. verbesserte Mischung für den jeweiligen Betriebspunkt, und
8. kleinere Zetawertgradienten.

Kurze Beschreibung der Erfindung

Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung exemplarisch beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 bis 7 unterschiedliche Ausführungsbeispiele eines erfindungsgemäß ausgebildeten Vormischbrenners mit einstufiger Verbrennung, sowie

Fig. 8 und 9 unterschiedliche Ausführungsbeispiele eines erfindungsgemäß ausgebildeten Vormischbrenners mit zweistufiger Verbrennung.

Wege zur Ausführung der Erfindung, gewerbliche Verwendbarkeit

In sämtlichen Figuren sind Längsschnittbilder durch den Vormischbrenneraufbau dargestellt, dessen eingezeichnete Wandungen rotationssymmetrische Körper darstellen, so dass in allen Figuren lediglich die obere Hälfte des Längsschnittes dargestellt und beschrieben sind.

In Fig. 1 ist gleichsam aller Figuren 1 bis 9 ein rohr- oder tubusförmiges Vormischbrennergehäuse 1 dargestellt, das an seinem in der Zeichnung dargestellten linken Ende offen ausgebildet ist. Das Vormischbrennergehäuse 1 wird grundsätzlich in der Zeichenebene von links nach rechts mit Zuluft 12, 13 durchströmt. Axial in Strömungsrichtung dem Vormischbrennergehäuse 1 nachgeordnet, ist eine Übergangskontur 2 vorgesehen, die den Strömungsquerschnitt des Vormischbrennergehäuses in Art einer Venturidüse verjüngt. An dem sich im Strömungsquerschnitt wieder aufweitenden Bereich der Übergangskontur 2 schließt sich nahtlos die Brennkammer 3 an, in der sich, wie nachstehend im einzelnen erläutert wird, eine stabile Flammenfront 4 ausbildet. Der vorstehend beschriebene Aufbau findet sich in allen Ausführungsbeispielen gemäß der Figuren 1 bis 9 wieder, so dass auf diesen Grundaufbau im weiteren nicht wiederholt eingegangen wird.

Im Inneren des Vormischbrennergehäuses 1 ist eine als Innentubus ausgebildete Brennerlanze 5 eingebracht, die über eine Innentubuswand 51 verfügt, mit der sie zusammen mit dem Vormischbrennergehäuse 1 einen ringförmigen Strömungskanal 6 einschließt. Im Inneren der Brennerlanze 5 ist ein innerer Strömungskanal 7 durch die innere Innentubuswand 51 eingeschlossen. Die Brennerlanze 5 weist gemäß den Ausführungsbeispielen der Figuren 1 bis 7 einen nahezu geradlinigen Innentubuswandverlauf auf, so dass die Strömungsquerschnitte sowohl des ringförmigen als auch inneren Strömungskanals längs der Erstreckung der Brennerlanze 5 nahezu konstant bleiben.

Im Inneren der Innentubuswand 51 befinden sich Brennstoffzugabeeinheiten 8, 9, 10. Aus der Brennstoffzugabeeinheit 8 strömt gasförmiger Brennstoff in den ringförmigen

Strömungskanal 6, wohingegen aus der axial der Brennstoffzugabeeinheit 8 nachgeordneten Brennstoffzugabeeinheit 9 Flüssigbrennstoff in den ringförmigen Strömungskanal 6 eingespeist wird. Durch die Brennstoffzugabeeinheit 10, die nahe dem stromabwärtigen Ende der Brennerlanze 5 angeordnet ist, wird gasförmiger Brennstoff in den inneren Strömungskanal 7 eingespeist. Ebenso befindet sich an der Brennerlanze 5 ein Drallerzeuger 11, der für eine gezielte Verwirbelung der in den ringförmigen Strömungskanal 6 einströmenden Sekundärluft 12 sorgt. Die verdrallte Sekundärluft 12 vermischt sich längs des ringförmigen Strömungskanals 6 mit den eingespeisten Brennstoffarten zu einem nahezu homogen verteilten Brennstoff-/Luft-Gemisch, das nach Zusammenführung im Bereich der Übergangskontur 2 und entsprechender Geschwindigkeitserhöhung bedingt durch die Venturidüsenkontur im Bereich der Brennkammer 3 zur Zündung gebracht wird. Durch das Aufplatzen der Drallströmung stellt sich eine dynamische Rückströmzone 41 ein, die durch die räumlich stabile Flammenfront 4 charakterisiert ist. Zu Zwecken der Stabilisation der sich innerhalb der Brennkammer 3 ausbildenden Flammenfront 4, insbesondere in geringen Lastbereichen, d.h. mageren Betriebsweisen, dient eine gezielte Pilotgaszuführung über die Brennstoffzugabeeinheit 10, die aufgrund ihrer räumlichen Nähe zur Flammenfront 4 zu einer Diffusionsflamme führt und somit die Flammenfront 4 zu stabilisieren vermag. Gleichsam der Luftzuführung durch den ringförmigen Strömungskanal 6 ist der innere Strömungskanal 7 stromauf ebenso offen, jedoch ohne Drallerzeuger ausgebildet, so dass durch den inneren Strömungskanal 7 Primärluft 13 zugeführt werden kann.

Durch den kompakten Aufbau und mit allen, für die Strömungsmanipulation und Brennstoffzufuhr erforderlichen Einzelkomponenten versehenen Brennerlanze 5 kann das mit der Brennkammer 3 verbundene Vormischbrennergehäuse 1 mit individuell konzipierten Brennerlanzen bestückt werden. Dies soll aus den in nicht abschließender Anzahl nachstehenden Figuren beschrieben werden. Zur Vermeidung von Wiederholungen werden bereits beschriebene und mit Bezugszeichen versehene Anlagenkomponenten nicht erneut im einzelnen erläutert. Im übrigen wird auf die beigefügte Bezugszeichenliste verwiesen.

Im Unterschied zur Fig. 1 weist die in Fig. 2 dargestellte Vormischbrennervariante eine Brennstoffzugabeeinheit 8' auf, die nicht innerhalb der Brennerlanze 5 integriert ist, sondern von außen durch das Vormischbrennergehäuse 1 gasförmigen Brennstoff in den ringförmigen Strömungskanal 6 einspeist. Der übrige Aufbau gleicht dem des Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 1. Das in Fig. 2 dargestellte Ausführungsbeispiel soll aufzeigen, dass eine entsprechend konfigurierte Brennerlanze 5 in ein Vormischbrennergehäuse 1 eingebracht werden kann, das seinerseits über bestimmte Peripheriekomponenten, wie beispielsweise eine Brennstoffzugabeeinheit 8' zur Zuführung gasförmigen Brennstoffes aufweist. Dies verdeutlicht die nahezu beliebig zur Verfügung stehende Variabilität für die Konfiguration der Brennerlanze 5.

Fig. 3 zeigt einen Vormischbrenner mit einer im Unterschied zum Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 axial vom stromabwärtigen Ende der Brennerlanze 5 beabstandeten Brennstoffzugabeeinheit 10 zur Einspeisung gasförmigen Brennstoffes in den inneren Strömungskanal 7. Eine derartige Pilotgaszuführung in den inneren Strömungskanal 7, die axial weit von der sich innerhalb der Brennkammer 3 ausbildenden Flammenfront 4 erfolgt und nicht als Diffusionsflamme zur Zündung gelangt, vermag sich mit der zugeführten Primärluft 13 zu durchmischen und mit dem restlichen Brennstoff-/Luft-Gemisch, das aus dem ringförmigen Strömungskanal 6 herrührt, zu durchmischen. Eine derartige Premix-Pilotgaszuführung dient insbesondere der Leistungssteigerung des Vormischbrenners für einen Gasturbinenbetrieb unter hoher Last.

Im Unterschied zum Ausführungsbeispiel der Fig. 3 sieht die Fig. 4 eine Flüssigbrennstoffeindüsung unmittelbar am Ende der Brennerlanze 5 vor. Mit Hilfe einer derartigen Maßnahme kann insbesondere die axial räumliche Position der Flammenfront 4 beeinflusst werden und überdies das Brennstoff-/Luft-Verhältnis im Mischungsbereich beeinflusst werden.

Fig. 5 a zeigt eine mehrstufige Brennstoffzugabeeinheit 8" zur Einspeisung gasförmigen Brennstoffes in den ringförmigen Strömungskanal 6. Gemäß Fig. 5b ist

die Brennerlanze 5 perspektivisch dargestellt, die über eine Austrittsöffnung 52 verfügt, durch die der innere Strömungskanal 7 mündet. An der Außenseite der Innentubuswand 51 der Brennerlanze 5 sind axial hintereinander mehrere Brennstoffzugabeöffnungen 8" vorgesehen, durch die gasförmiger Brennstoff in den ringförmigen Strömungskanal 6 einmündet. Die Brennstoffzugabeöffnungen 8" können entweder linear axial hintereinander angeordnet oder auch zirkular zueinander versetzt positioniert sein.

In Fig. 6 weisen der ringförmige sowie auch der innere Strömungskanal an Stellen, an denen eine gasförmige Brennstoffzugabeeinheit 8, 10 vorgesehen ist, einen konisch verengten Strömungsquerschnitt auf, wobei die Brennstoffzugabeeinheit am engsten Strömungsquerschnitt angebracht ist, um eine lokale Strömungsrückführung (Flashback) zu vermeiden. Zusätzlich ist im inneren Strömungskanal 7 ein weiterer Drallerzeuger 14 vorgesehen, der die Primärluft 13 mit einer bestimmten Drallzahl verwirbelt.

Im Unterschied zum Ausführungsbeispiel gemäß der Fig. 6 sieht das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 7 eine Brennstoffzugabeeinheit 9' vor, durch die von seiten des Vormischbrennergehäuses 1 Flüssigbrennstoff in den ringförmigen Strömungskanal 6 eingespeist wird. Auch in diesem Fall weist die Vormischbrennergehäusewand sowie die Innentubuswand 51 an den Stellen der Brennstoffeinspeisung venturidüsenartig ausgebildete Konturen auf.

Im Unterschied zu den vorstehend genannten Ausführungsbeispielen weist die Brennerlanze 5 in der Fig. 8 am stromabwärtigen Bereich eine als Diffusor ausgebildete Kontur 15 auf, durch die der Strömungsquerschnitt des inneren Strömungskanals 7 konisch aufgeweitet wird. In Verbindung mit einem stromauf innerhalb des inneren Strömungskanals 7 positionierten Drallerzeugers 14 und einer stromab des Drallerzeugers 14 innerhalb der Brennerlanze 5 integrierten Brennstoffzugabeeinheit 10, durch die gasförmiger Brennstoff in den inneren Strömungskanal 7 eingespeist wird, entsteht eine Brennstoff-/Luft-Drallströmung, die aufgrund des sich aufweitenden Strömungsquerschnittes im Bereich einer ersten

Rückströmzone 161 aufplatzt, zur Zündung gelangt und eine erste stabile Flammenfront 16 bildet. Die innerhalb der ersten Verbrennungsstufe entstehenden Rauchgase werden der axial stromab nachgeordneten Verbrennung, beginnend mit der stabilen Flammenfront 4, einem weiteren Verbrennungsvorgang zugeführt, wodurch die NO_x-Abgaswerte erheblich reduziert werden können.

Das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 9 zeigt einen im Unterschied zu Fig. 8 geradlinig ausgebildeten Diffusor 15, durch den in gleicher Weise eine zweistufige Verbrennung realisiert werden kann.

Bezugszeichenliste

- 1 Vormischbrennergehäuse
- 2 Übergangskontur
- 3 Brennkammer
- 4 Flammenfront
- 41 Rückströmzone
- 5 Brennerlanze
- 51 Innentubuswand
- 52 Austrittsöffnung
- 6 Ringförmiger Strömungskanal
- 7 Innerer Strömungskanal
- 8,9,10 Brennstoffzugabeeinheiten
- 11 Drallerzeuger
- 12 Sekundärluft
- 13 Primärluft
- 14 Drallerzeuger
- 15 Diffusor
- 16 Flammenfront
- 161 Rückströmzone

Patentansprüche

1. Vormischbrenner, in dem Brennstoff und Luft zu einem Brennstoff/Luft-Gemisch mischbar sind, zur Ausbildung wenigstens einer stabilen Flammenfront (4) innerhalb einer stromab angeordneten Brennkammer (3) zum Antrieb einer der Brennkammer (3) nachgeordneten Gasturbine mit
 - einem Vormischbrennergehäuse (1), das tubusartig stromauf offen ausgebildet und über eine Übergangskontur (2) stromab mit der Brennkammer (2) verbunden ist und von Luft durchströmbar ist,
 - einer als Innentubus ausgebildeten Brennerlanze (5), die stromaufseitig in das Innere des Vormischbrennergehäuses (1) hineinragt, einen mit dem Vormischbrennergehäuse (1) im Querschnitt ringförmigen Strömungskanal (6) einschließt, und eine Innentubuswand aufweist, die einen inneren Strömungskanal (7) umschließt und in der wenigstens eine Brennstoffzugabeeinheit (10) zum Einspeisen von Brennstoff in den inneren Strömungskanal (7) vorgesehen ist und wenigstens eine weitere Brennstoffzugabeeinheit (8, 9) zum Einspeisen von Brennstoff in den ringförmigen Strömungskanal (6) derart vorgesehen ist, dass stromab des Innentubus im Bereich der Brennkammer (3) das Brennstoff-/Luft-Gemisch innerhalb der Flammenfront (4) zündet.
2. Vormischbrenner nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, dass der Innentubus (5) stromauf und stromab offen ausgebildet ist und von Luft (12, 13) durchströmbar ist.
3. Vormischbrenner nach Anspruch 1 oder 2, dadurch **gekennzeichnet**, dass der Innentubus (5) stromab im Bereich der Übergangskontur (2) endet.

4. Vormischbrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Übergangskontur (2) den lichten Durchmesser des Vormischbrennergehäuses (1) stromab verjüngt und in Art einer Venturidüse einen sich aufweitenden Strömungsquerschnitt zur Brennkammer (3) aufweist.
5. Vormischbrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch **gekennzeichnet**, dass die als Innentubus ausgebildete Brennerlanze (5) modularig in das Vormischbrennergehäuse (1) einsetzbar ist.
6. Vormischbrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch **gekennzeichnet**, dass an der Außenseite der Innentubuswand ein Drallerzeuger (11) für die den ringförmigen Strömungskanal (6) durchströmende Luft angebracht ist.
7. Vormischbrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch **gekennzeichnet**, dass an der Innenseite der Innentubuswand ein Drallerzeuger (14) für die den inneren Strömungskanal durchströmende Luft (13) vorgesehen ist.
8. Vormischbrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch **gekennzeichnet**, dass durch die Brennstoffzugabeeinheiten (8, 9, 10) sowohl für die Brennstoffeinspeisung in den inneren (6) sowie in den ringförmigen Strömungskanal (7) gasförmiger oder flüssiger Brennstoff einspeisbar sind.
9. Vormischbrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch **gekennzeichnet**, dass längs des Innentubus wenigstens eine Brennstoffzugabeeinheit (8) vorgesehen ist, durch die gasförmiger Brennstoff in den ringförmigen Strömungskanal (6) einspeisbar ist, dass stromab der wenigstens einen Brennstoffzugabeeinheit (8) wenigstens eine weitere Brennstoffzugabeeinheit (9) vorgesehen ist, vermittels der Flüssigbrennstoff in den ringförmigen Strömungskanal (6) einspeisbar ist.

10. Vormischbrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch **gekennzeichnet**, dass wenigstens eine Brennstoffzugabeeinheit (9) stromabseitig am Innentubus vorgesehen ist, durch die Flüssigbrennstoff in einen von der Übergangskontur (2) umschlossenen Mischbereich stromauf zur Flammenfront (4) einspeisbar ist.

11. Vormischbrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch **gekennzeichnet**, dass wenigstens zwei Brennstoffzugabeeinheiten (8, 9) für die Brennstoffeinspeisung in den ringförmigen (6) oder inneren (7) Strömungskanal axial hintereinander am Innentubus angeordnet sind.

12. Vormischbrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Innentubuswand derart ausgebildet ist, dass der innere Strömungskanal (7) einen weitgehend gleichbleibenden Strömungsquerschnitt längs zur axialen Erstreckung der Brennerlanze (5) aufweist.

13. Vormischbrenner nach Anspruch 12, dadurch **gekennzeichnet**, dass eine Brennstoffzugabeeinheit (10) zur Einspeisung gasförmigen Brennstoffes in den inneren Strömungskanal (7) im Bereich des stromabwärtigen Endes der Brennerlanze (5) vorgesehen ist und als Pilotgaszufuhr dient.

14. Vormischbrenner nach Anspruch 12, dadurch **gekennzeichnet**, dass eine Brennstoffzugabeeinheit (10) zur Einspeisung gasförmigen Brennstoffes in den inneren Strömungskanal (7) stromauf zum stromabwärtigen Endes der Brennerlanze (5) vorgesehen ist und als Premix-Pilotgaszufuhr dient.

15. Vormischbrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Innentubuswand derart ausgebildet ist, dass der innere Strömungskanal (7) einen weitgehend gleichbleibenden Strömungsquerschnitt längs zur axialen Erstreckung der Brennerlanze (5) aufweist und sich innerhalb des stromabwärtigen Bereich der Brennerlanze (5) aufweitet, und dass stromauf innerhalb des inneren Strömungskanals ein Drallerzeuger (14) vorgesehen ist.

16. Vormischbrenner nach Anspruch 15, dadurch **gekennzeichnet**, dass wenigstens eine Brennstoffzugabeeinheit (10) zur Einspeisung gasförmigen Brennstoffes in den inneren Strömungskanal (7) unmittelbar stromauf des sich aufweitenden inneren Strömungskanals innerhalb der Innentubuswand vorgesehen ist, und dass sich zwei axial getrennte stabile Flammenfronten (16, 4) ausbilden, eine erste (16) innerhalb des sich im Strömungsquerschnitt aufweitenden inneren Strömungskanals und eine zweite (4) stromab des Innentubus im Bereich der Brennkammer (3).

17. Vormischbrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch **gekennzeichnet**, dass das Vormischbrennergehäuse (1) und/oder die Innentubuswand der Brennerlanze (5) am Ort einer Brennstoffzugabeeinheit eine den ringförmigen (7) bzw. den inneren (6) Strömungskanal verjüngende Kontur in Art einer Venturidüse aufweist.

18. Verfahren zum Befeuern einer Brennkammer (3) zum Antrieb einer Gasturbine unter Verwendung eines modularen Vormischbrenners nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch **gekennzeichnet**, dass innerhalb des ringförmigen Strömungskanals (6) eine Drallströmung aus einem Brennstoff-/Luft-Gemisch erzeugt wird, die nach Durchtritt durch die Übergangskontur (2) innerhalb der Brennkammer (3) eine stabile Flammenfront (4) ausbildet, und

dass gasförmiger Brennstoff in den inneren Strömungskanal (7) derart eingebracht wird, dass die Brennstoffzufuhr nahe dem stromabwärtigen Ende der Brennerlanze (5) erfolgt und als Pilotgaszufuhr dient und eine Diffusionsflamme ausbildet oder beabstandet stromauf zum stromabwärtigen Ende der Brennerlanze (5) erfolgt und als Premixgaszufuhr dient.

19. Verfahren zum Befeuern einer Brennkammer (3) zum Antrieb einer Gasturbine unter Verwendung eines modularen Vormischbrenners nach einem der Ansprüche 15 bis 17,

dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb des ringförmigen Strömungskanals (6) eine Drallströmung aus einem Brennstoff-/Luft-Gemisch erzeugt wird, die nach Durchtritt durch die Übergangskontur (2) innerhalb der Brennkammer (3) eine stabile Flammenfront (4) ausbildet, und

dass gasförmiger Brennstoff in den inneren Strömungskanal (7), der sich im stromabwärtigen Bereich der Brennerlanze (5) aufweitet, derart eingebracht wird, dass sich axial stromauf zur sich innerhalb der Brennkammer (5) ausbildenden Flammenfront (4) eine weitere Flammenfront (16) ausbildet.

20. Verwendung des Vormischbrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 17 als modularer Vormischbrenner durch Vorsehen eines Vormischbrennergehäuses (1) als Standardmodul und Bereitstellen von unterschiedlichen jeweils als Innentubus ausgebildeten Brennerlanzen (5), die unterschiedlich mit Brennstoffzugabeeinheiten (8, 9, 10) und/oder Drallerzeuger (11, 14) konfiguriert sind und modulartig in das Innere des Vormischbrennergehäuses (1) integrierbar sind.

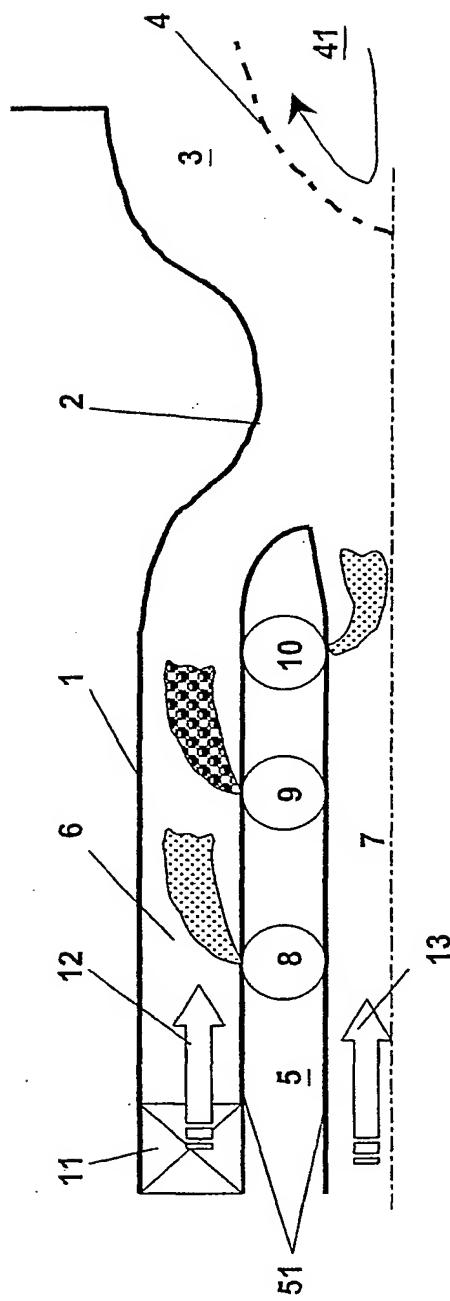


Fig. 1

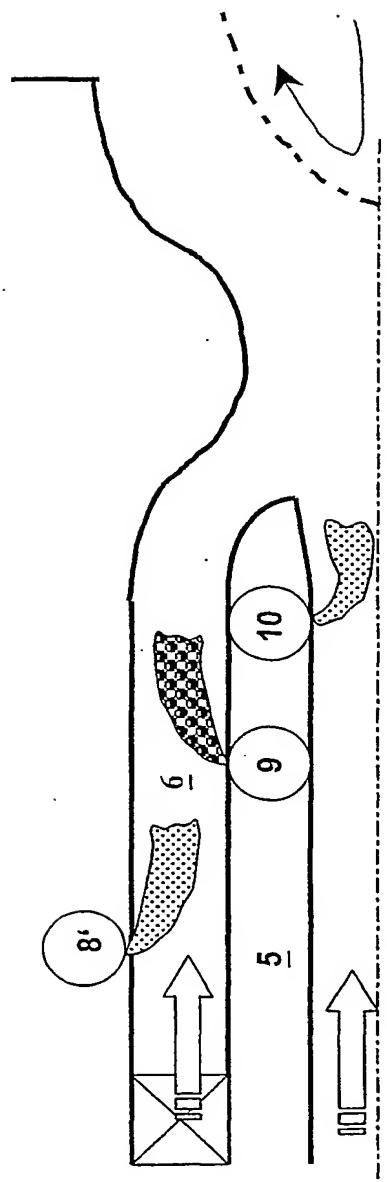


Fig. 2

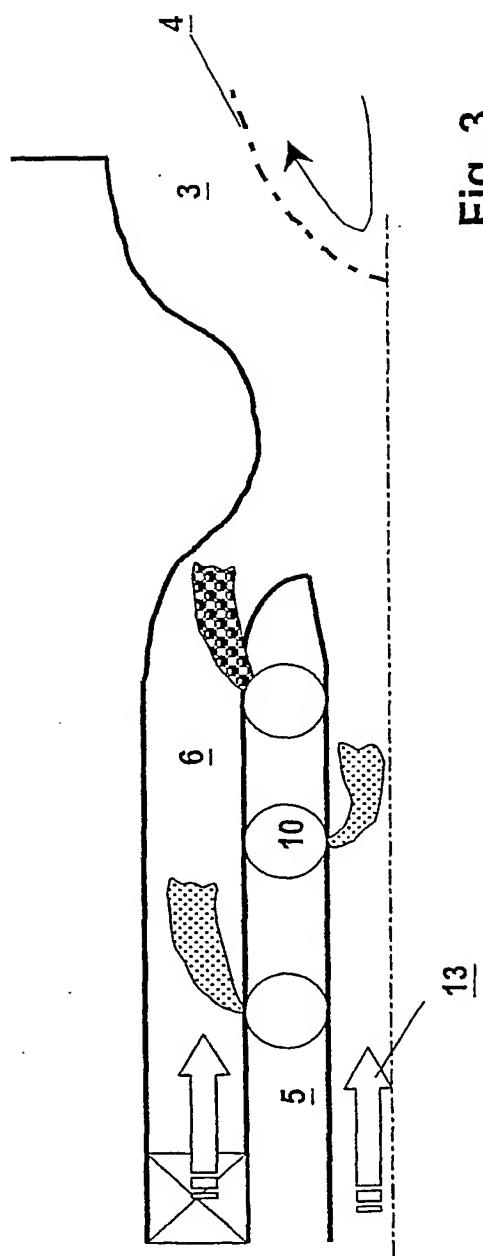


Fig. 3

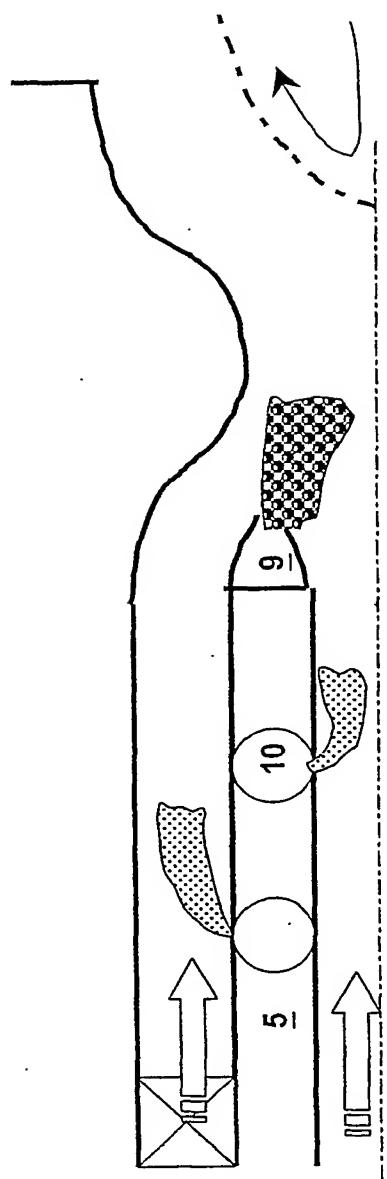
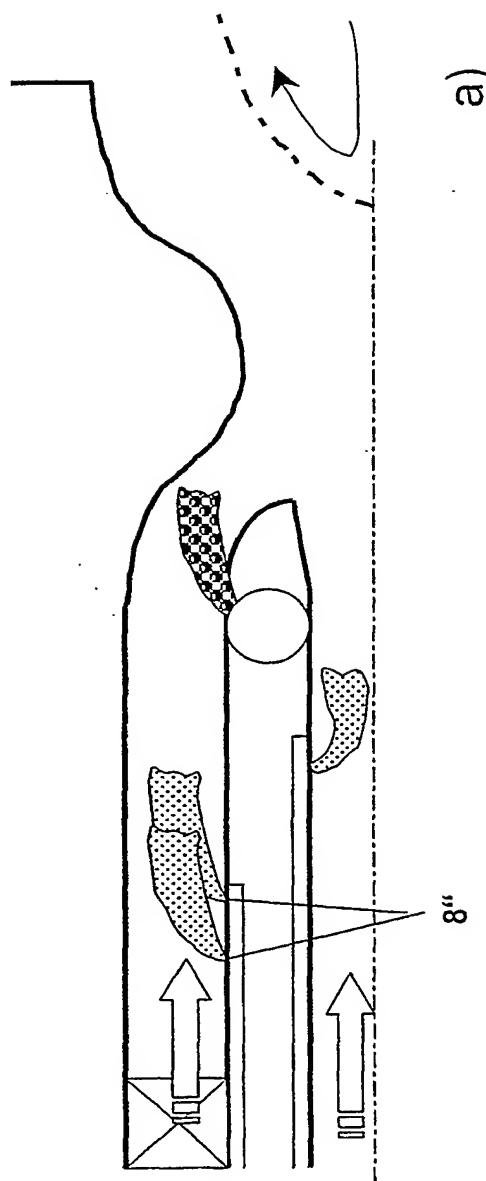
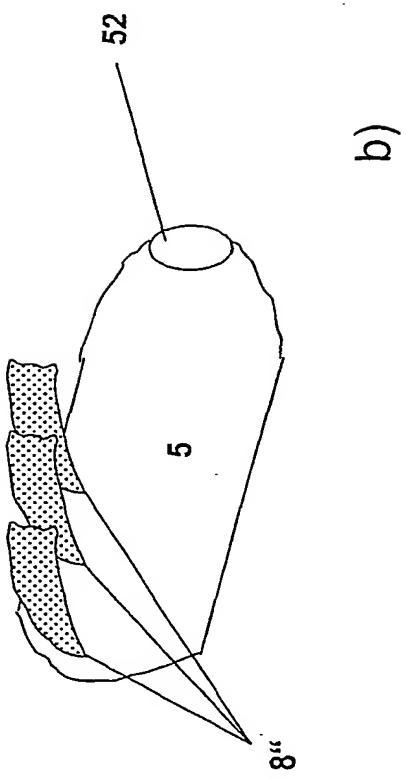


Fig. 4



a)

Fig. 5



b)

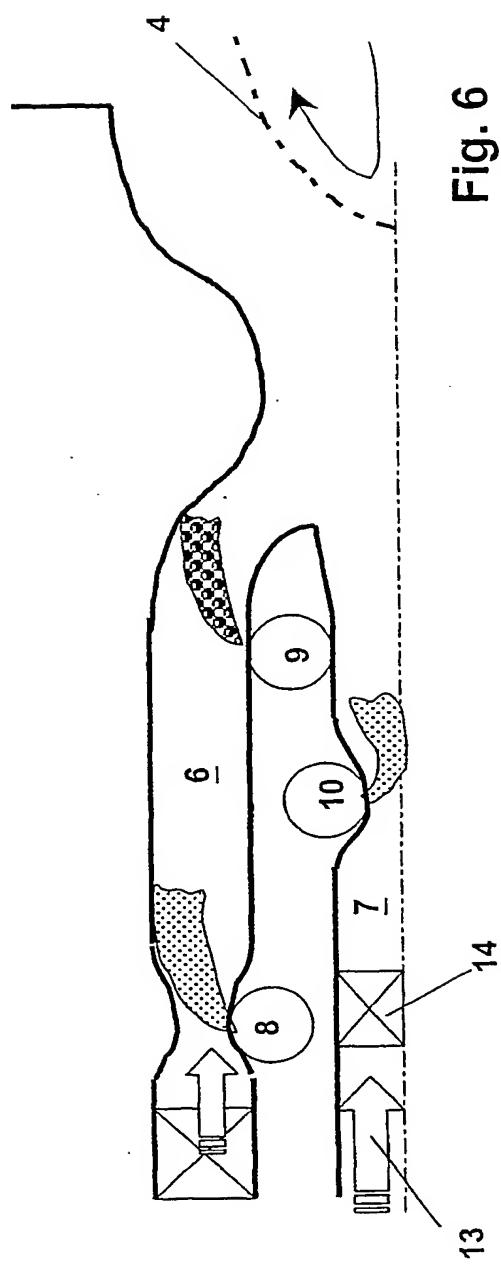


Fig. 6

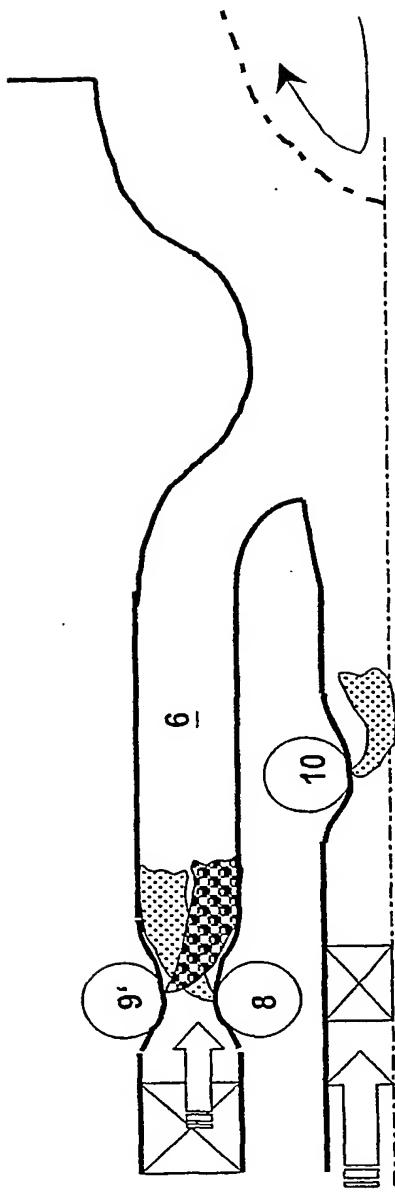


Fig. 7



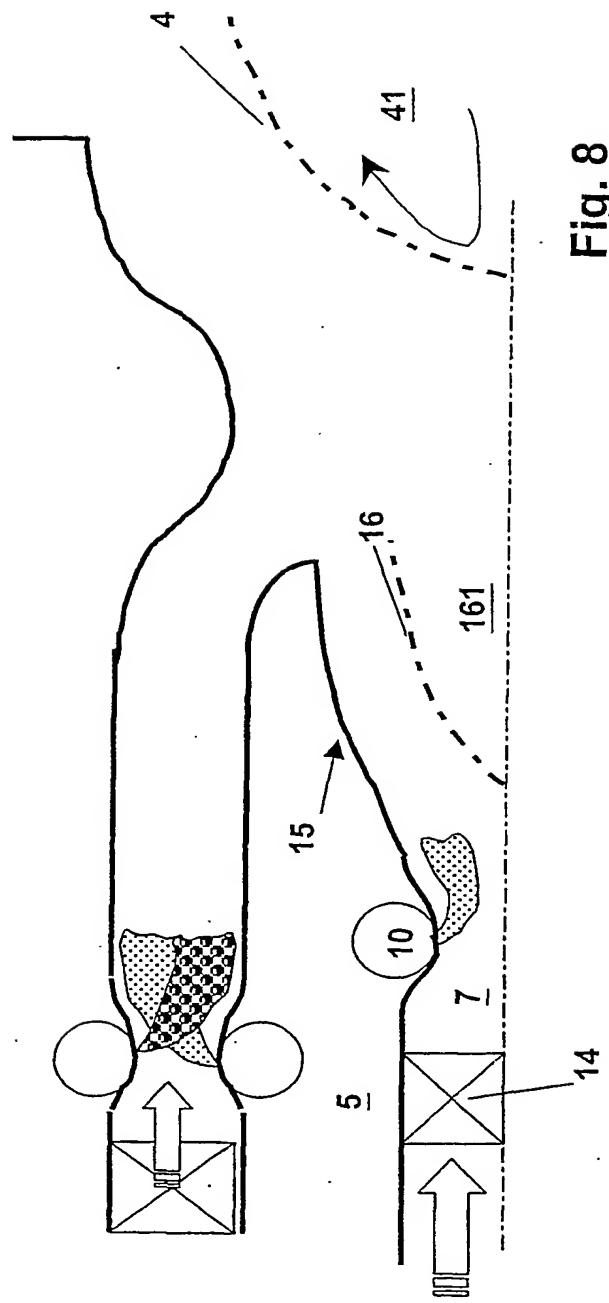


Fig. 8

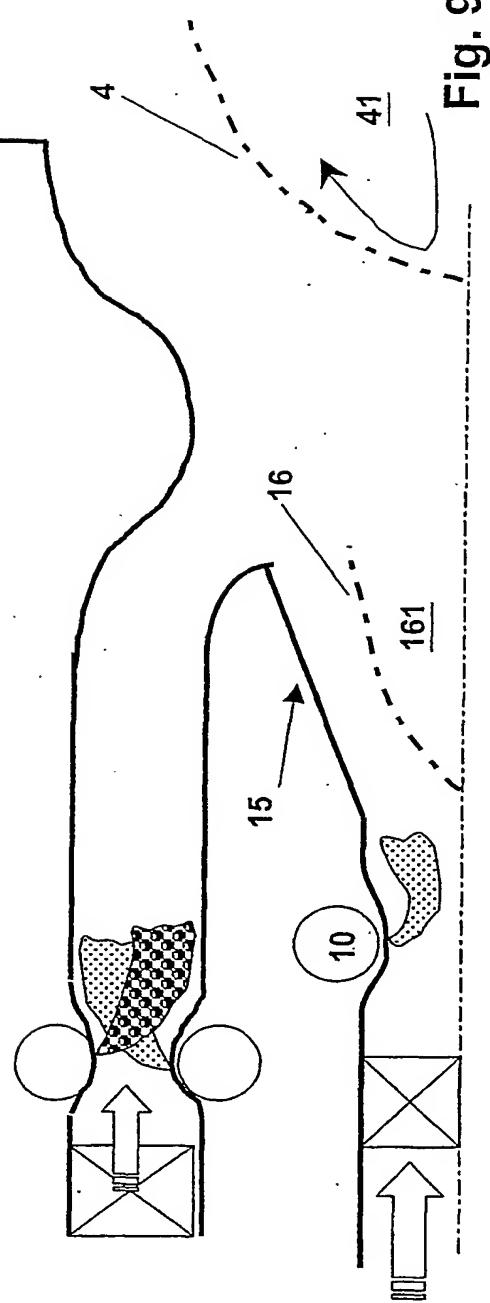


Fig. 9

